

Научная статья/Research Article

УДК 504.74 : 636.033

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-6-138-144

Кирилл Николаевич Нарожных

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

nkn.88@mail.ru

РЕФЕРЕНТНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕМЕННИКАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С УЧЕТОМ ПАРАТИПИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Цель исследования – расчет референтных интервалов концентрации микроэлементов в семенниках бычков с учетом влияния паратипических факторов. Объект исследования – концентрация цинка, железа и марганца в семенниках бычков герефордской породы, разводимых на территории Краснозерского, Маслянинского и Новосибирского районов Новосибирской области и Целинного районов Алтайского края. Пробы семенников отобраны от 31 клинически здорового животного в возрасте 16–18 месяцев. Определение концентрации химических элементов в пробах осуществляли с помощью метода атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией. Гомогенность дисперсий в группах оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Методом Краскела-Уоллиса выявляли влияние паратипических факторов. Межгрупповые сравнения осуществляли с применением теста Данна с поправкой Холма. Медианные значения содержания цинка, марганца и железа в семенниках скота находились в интервале 11,9–15,4, 0,35–0,50 и 16,4–26,1 мг/кг соответственно. Уровень фенотипической изменчивости содержания изученных микроэлементов у бычков из Маслянинского района был значительно выше, чем у скота из других районов. Групповые дисперсии по концентрации цинка в семенниках бычков – гомоскедастичны ($\chi^2 = 5,42$; $P = 0,14$). Выявлено влияние паратипических факторов на уровень цинка в семенниках животных ($H = 16,35$; $p < 0,001$). У бычков из Маслянинского района концентрация цинка в семенниках статистически значимо выше, чем у животных из других районов ($p < 0,05$). Референтный диапазон содержания марганца и железа в семенниках герефордского скота, разводимого в условиях юга Западной Сибири, составляет 0–0,959 и 8,72–37,19 мг/кг соответственно. Полученные значения могут использоваться в качестве физиологической нормы для скота герефордской породы.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, герефордская порода, семенники, марганец, железо, цинк

Для цитирования: Нарожных К.Н. Референтные интервалы концентрации микроэлементов в семенниках крупного рогатого скота с учетом паратипических факторов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 6. С. 138–144. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-6-138-144.

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-00003.

Kirill Nikolaevich Narozhnykh

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

nkn.88@mail.ru

REFERENCE INTERVALS OF MICROELEMENTS CONCENTRATION IN THE CATTLE TESTES WITH PARATYPIC FACTORS CONSIDERATION

The purpose of the study is to calculate the reference intervals for the concentration of trace elements in the testes of bulls, taking into account the influence of paratypical factors. The object of the study is the concentration of zinc, iron and manganese in the testes of Hereford bulls bred in the Krasnozersky, Maslyaninsky and Novosibirsk Districts of the Novosibirsk Region and Tselinny Districts of the Altai Region. Testis samples were taken from 31 clinically healthy animals aged 16–18 months. Determination of the concentration of chemical elements in the samples was carried out using the method of atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. The homogeneity of dispersions in groups was assessed using the Fligner-Keelin test. The Kruskal-Wallis method was used to reveal the influence of paratypical factors. Intergroup comparisons were made using Dunn's test with Holm's correction. The median values of the content of zinc, manganese and iron in the testes of livestock were in the range of 11.9–15.4, 0.35–0.50 and 16.4–26.1 mg/kg, respectively. The level of phenotypic variability in the content of the studied trace elements in bulls from the Maslyaninsky District was significantly higher than in cattle from other areas. Group dispersions for zinc concentration in the testes of bulls are homoscedastic ($\chi^2 = 5.42$; $P = 0.14$). The influence of paratypic factors on the level of zinc in the testes of animals was revealed ($H = 16.35$; $p < 0.001$). In bulls from the Maslyaninsky District, the concentration of zinc in the testes is statistically significantly higher than in animals from other areas ($p < 0.05$). The reference range for the content of manganese and iron in the testes of Hereford cattle bred in the conditions of the south of Western Siberia is 0–0.959 and 8.72–37.19 mg/kg, respectively. The obtained values can be used as a physiological norm for Hereford cattle.

Keywords: cattle, Hereford breed, testes, manganese, iron, zinc

For citation: Narozhnykh K.N. Reference intervals of microelements concentration in the cattle testes with paratypic factors consideration // Bulliten KrasSAU. 2023;(6): 138–144. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-6-138-144.

Acknowledgments: the study has been supported by the Russian Science Foundation grant № 22-76-00003.

Введение. При высоких концентрациях эссенциальные химические элементы – железо, цинк, марганец и другие – могут продуцировать токсические эффекты [1, 2]. Их воздействие на организм зависит не только от их концентрации, но и от структуры, растворимости, формы, способности образовывать окислительно-вителльные комплексы [3, 4]. Основной причиной их токсического воздействия на организм являются нарушения внутриклеточных метаболических процессов. Среди этих нарушений можно выделить повреждение ДНК, перекисное окисление липидов, белков из-за повышенного окислительного стресса, повреждения митохондрий и апоптоза [5–7].

Экспериментальные исследования на животных показали, что тяжелые металлы в повышенных концентрациях являются репродуктивными токсикантами [4, 8]. Они накапливаются в семенниках и их придатках, вследствие чего повреждаются эндокринная и репродуктивная

системы [9]. Установлено, что различные повреждения, такие как снижение количества сперматозоидов, их подвижности, жизнеспособности, уровня тестостерона, активности антиоксидантных ферментов и сперматогенной функции, а также увеличение аномальной скорости сперматозоидов, перекисное окисление липидов и апоптоз, происходят в результате токсического воздействия тяжелых металлов на семенники [10, 11]. Кроме того, во многих исследованиях прямого воздействия тяжелых металлов пероральным, парентеральным или ингаляционным путем на лабораторных животных было продемонстрировано, что это негативно влияет на репродуктивную систему самцов [12, 13]. Необходимо проявлять особую осторожность при распространении результатов экспериментов с лабораторных на сельскохозяйственных животных из-за межвидовых различий в динамике развития эффектов и других видовых особенностей репродуктивной системы [14, 15].

Степень проявления симптомов сильно зависит от способа, дозы, стадии, типа, продолжительности воздействия металлов на репродуктивную систему [16]. Гомеостаз микроэлементов также жизненно важен для развития тканей, которые могут быть разрушены точечным воздействием высоких доз тяжелых металлов [17]. Повышенная концентрация микроэлементов в семенной плазме может снизить плотность, подвижность и морфологию сперматозоидов [2, 18, 19].

Цель исследования – рассчитать референтные содержания микроэлементов в семенниках бычков с учетом влияния паратипических факторов.

Материал и методы. Для исследования были отобраны пробы семенников ($m = 100$ г) от бычков герефордской породы в возрасте 16–18 месяцев, выращенных на территории Целинного района ($n = 4$) Алтайского края и Новосибирском ($n = 6$), Краснозерском ($n = 4$) и Маслянинском ($n = 17$) районах Новосибирской области. Животные содержались в типовых условиях промышленного комплекса с соблюдением зооветеринарных требований (ГОСТ 32855-2014, ГОСТ Р 52254-2004, ГОСТ 26090-84). По данным предубойного осмотра животные были клинически здоровы. Отбор образцов для анализа проводили сразу после забоя.

Определение концентрации железа (Fe), марганца (Mn) и цинка (Zn) осуществляли методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией на спектрометре МГА-1000.

Статистический анализ выполнен в среде статистического программирования R. Для описания признаков использованы робастные статистики из-за малого количества наблюдений в группах: медиана (Me), минимальное и максимальное значение (Min, Max), первая и третья квартили (Q_1 , Q_3) и интерквартильный размах (IQR). Гомогенность дисперсий оценивали с помощью теста Флигнера-Килина. Оценку влияния фактора проводили с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Пост-хок анализ выполняли методом Данна с поправкой Холма. Расчет референтных интервалов проводили робастным методом с использованием бутстрэппинга для получения скорректированных и несмещенных интервалов [20].

Результаты и их обсуждение. Данные по содержанию тяжелых микроэлементов в семенниках бычков герефордской породы в зависимости от района представлены в таблице 1. У скота из Маслянинского района концентрация цинка в семенниках была выше, а уровень железа и марганца ниже, чем у животных из других районов. У бычков из Маслянинского района уровень фенотипической изменчивости был значительно выше, чем у скота из других районов. Минимальная изменчивость концентрации химических элементов характерна для скота из Целинного района. В среднем фенотипическая изменчивость уровня цинка и марганца была ниже, чем железа.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в семенниках бычков герефордской породы, мг/кг

Показатель	Район	Me	Min	Max	Q1	Q3	IQR
Fe	Краснозерский	26,1	22,8	32	23,6	30,1	6,49
	Маслянинский	16,4	5,7	38,9	12,2	28,1	15,9
	Новосибирский	28,5	25,2	34,2	25,3	30,2	4,88
	Целинный	21,1	19,9	23,6	19,9	23	3,07
Mn	Краснозерский	0,5	0,49	0,5	0,49	0,5	0,01
	Маслянинский	0,35	0,2	1,73	0,3	1,14	0,84
	Новосибирский	0,5	0,4	0,6	0,49	0,51	0,02
	Целинный	0,5	0,5	0,51	0,5	0,51	0,01
Zn	Краснозерский	12,9	11,5	13,7	11,8	13,6	1,74
	Маслянинский	15,4	8,4	18,8	15,1	16	0,94
	Новосибирский	12,9	11,8	14,3	11,9	14,1	2,22
	Целинный	11,9	11,2	12,1	11,4	12,1	0,61

Концентрация тяжелых металлов в семенниках крупного рогатого скота в настоящее время недостаточно изучена. Ранее нами на малой выборке были получены данные по концентрации кадмия, свинца и меди в семенниках бычков [21]. Однако в литературе не было найдено данных о содержании цинка, железа и марганца в семенниках крупного рогатого скота. Возможно, это связано с тем, что семенники быков очень ограниченно используются в пищу. Кроме того, нормативные документы не содержат данных о нормировании этих микроэлементов в субпродуктах.

Одна из задач исследования – выявление влияния паратипических факторов на уровень химических элементов в семенниках. Несмотря на гомогенность дисперсий в группах по уровню цинка, оценку влияния эколого-географического фактора проводили с помощью критерия Краскела-Уоллиса (табл. 2), так как некоторые группы были малочисленными и характер распределения признака в них не соответствовал нормальному ($p < 0,05$). По результатам анализа видно, что уровень марганца не различался в изученных районах, напротив, очевидно, что концентрация цинка значительно зависит от паратипических факторов.

Таблица 2

Оценка гомоскедастичности дисперсий ТМ в легких скота методом Флигнера-Килина

Показатель	df	* χ^2	p	**N	p
Цинк	3	5,42	0,14	16,35	< 0,001
Железо	3	8,71	0,03	7,86	0,05
Марганец	3	12,98	0,01	1,6	0,66

* – хи-квадрат Флигнера-Килина; ** – статистика Краскела-Уоллиса.

Апостериорный анализ показал, что нет достаточных оснований отклонять нулевую гипотезу в отношении различий по уровню железа и марганца в семенниках скота, разводимого в изученных районах. Установлено, что концентрация цинка в семенниках бычков из Маслянинского района значительно выше, чем у животных из других районов (табл. 3). В свою очередь, уровень цинка в семенниках бычков из

Краснозерского, Новосибирского и Целинного районов был схожим. Можно предположить, что данные различия обусловлены высокой фенотипической изменчивостью уровня цинка у животных из Маслянинского района. Необходимо продолжать мониторинг уровня цинка у скота на больших популяциях и выявить отдельные факторы, влияющие на его изменчивость.

Таблица 3

Межгрупповое сравнение районов по содержанию цинка в семенниках бычков

Районы	Z-статистика	p
Краснозерский – Маслянинский	2,52	0,024
Краснозерский – Новосибирский	0,17	0,43
Маслянинский – Новосибирский	2,71	0,017
Краснозерский – Целинный	0,52	0,6
Маслянинский – Целинный	3,17	0,005
Новосибирский – Целинный	0,74	0,69

Уровень марганца и железа значимо не различался у животных в изученных районах, поэтому их можно объединить в одну группу для расчета референтных интервалов. Полученные

диапазоны с доверительными интервалами для нижней и верхней границ представлены в таблице 4.

**Референтные интервалы с 90 % доверительными интервалами (ДИ)
для содержания тяжелых металлов в легких герефордского скота, мг/кг**

Показатель	Референтный интервал	Нижний предел 90 % ДИ	Верхний предел 90 % ДИ
Mn	0–0,959	0–0,106	0,782–1,174
Fe	8,72–37,19	4,31–12,47	34,31–41,27

Если сравнивать полученные референтные интервалы содержания железа и марганца, то очевидно, что их концентрации в семенниках значительно ниже. Так, в почках, печени, мышечной ткани и волосе концентрация железа и марганца в 2–8 раз выше, а в селезенке – более чем в 5–20 раз [22]. Кроме того, при расчете референтных интервалов уровня химических элементов в органах и тканях животных необходимо учитывать влияние комплекса генетических и паратипических факторов [14, 23].

Заключение. В ходе исследования установлено существенное влияние паратипических факторов на концентрацию цинка в семенниках герефордского скота. Уровень цинка в семенниках бычков из Маслянинского района на 16–23 % выше, чем в Новосибирском, Краснозерском и Целинном районах. Не выявлено различий между показателями содержания марганца и железа в семенниках животных в изученных районах. Наибольшая фенотипическая изменчивость концентрации микроэлементов в семенниках характерна для животных из Маслянинского района. Полученные референтные значения содержания марганца и железа в семенниках можно рассматривать в качестве физиологической нормы. В перспективе необходимо продолжить изучение содержания микроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота и разработать референтные значения для них.

Список источников

1. Кочкарев П.В., Михайлов В.В. Комплексный анализ содержания тяжелых металлов в органах и тканях дикого северного оленя (*Rangifer tarandus* L. 1758) // Вестник КрасГАУ. 2016. № 8. С. 21–27.
2. Detrimental effects of long-term exposure to heavy metals on histology, size and trace elements of testes and sperm parameters in Kermani Sheep / A.H. Heidari [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 207. P. 111563.
3. De Palma G., Ortiz A., Apostoli P. Effects of metallic elements on reproduction and development // *Handbook on the Toxicology of Metals* // Academic Press. 2022. P. 565–592.
4. Changes in heavy metal levels, reproductive characteristics, oxidative stress markers and testicular apoptosis in rams raised around thermal power plant / S.A. Akarsu [et al.] // *Theriogenology*. 2022. Vol. 179. P. 211–222.
5. Melner M.H., Abney T.O. The direct effect of 17 β -estradiol on LH-stimulated testosterone production in hypophysectomized rats // *Journal of Steroid Biochemistry*. 1980. Vol. 13. № 2. P. 203–210.
6. The footprints of oxidative stress and mitochondrial impairment in arsenic trioxide-induced testosterone release suppression in pubertal and mature F1-male Balb/c mice via the downregulation of 3 β -HSD, 17 β -HSD, and CYP11a expression / M.M. Ommati [et al.] // *Biological trace element research*. 2020. Vol. 195. P. 125–134.
7. Disorders of the reproductive health of cattle as a response to exposure to toxic metals / M. Wrzecinska [et al.] // *Biology*. 2020. Vol. 10 (9). P. 882.
8. Kumar N., Singh A.K. Impact of environmental factors on human semen quality and male fertility: a narrative review // *Environmental Sciences Europe*. 2022. Vol. 34. P. 1–13.
9. Verma R., Vijayalakshmy K., Chaudhry V. Detrimental impacts of heavy metals on animal reproduction: A review // *J. Entomol. Zoo. Stud.* 2018. Vol. 6. P. 27–30.
10. Are serum zinc and copper levels related to semen quality? / L. Yuyan [et al.] // *Fertility and sterility*. 2008. 89 (4). P. 1008–1011.
11. Guvvala P.R., Ravindra J.P., Selvaraju S. Impact of environmental contaminants on reproductive health of male domestic ruminants: a

- review // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27. P. 3819–3836.
12. *Batra N., Nehru B., Bansal M.P.* The effect of zinc supplementation on the effects of lead on the rat testis // *Reproductive toxicology*. 1998. T. 12, № 5. С. 535–540.
 13. Epigenetic dysregulation of Mdr1b in the blood-testis barrier contributes to dyszoospermia in mice exposed to cadmium / *Y. Fang* [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2020. Vol. 190. P. 110–142.
 14. Effects of exposure to environmental chemicals during pregnancy on the development of the male and female reproductive axes / *M. Bellingham* [et al.] // *Reproduction in domestic animals*. 2012. Vol. 47. P. 15–22.
 15. Межвидовые различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных / *К.Н. Нарожных* [и др.] // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2(26). С. 5815–5819.
 16. *Apostoli P., Catalani S.* Effects of metallic elements on reproduction and development // *Handbook on the Toxicology of Metals*. Academic Press, 2015. P. 399–423.
 17. *Flora S.J.S., Mittal M., Mehta A.* Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy // *Indian Journal of Medical Research*. 2008. Vol. 128. № 4. P. 501–523.
 18. *Meligy A.M.A., Waheed M.M., El-Bahr S.M.* Effect of heavy metals arsenic, cadmium, and lead on the semen variables of dromedary camels (*Camelus dromedarius*) // *Animal reproduction science*. 2019. Vol. 208. P. 106–115.
 19. Relation of seminal plasma trace mineral in the Arabian stallion's semen with the semen characteristics and subsequent fertility / *M.M. Waheed* [et al.] // *Heliyon*. 2022. Vol. 8(10). P. e11128.
 20. *Efron B., Tibshirani R.J.* An introduction to the bootstrap, Boca Raton: CRC press, 1994. 456 p.
 21. *Нарожных К.Н.* Содержание некоторых тяжелых металлов в семенниках бычков герфордской породы // *Сб. науч. тр. SWorld*. 2013. Т. 42, № 1. С. 24–26.
 22. *Puls R.* Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic data. Columbia: Sherpa International, 1988. 168 p.
 23. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva / *O.I. Sebezhko* [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9 (9). P. 1530.

References

1. *Kochkarev P.V., Mihajlov V.V.* Kompleksnyy analiz sodержaniya tyazhelykh metallov v organah i tkanyah dikogo severnogo olenya (*Rangifer tarandus* L. 1758) // *Vestnik KrasGAU*. 2016. № 8. S. 21–27.
2. Detrimental effects of long-term exposure to heavy metals on histology, size and trace elements of testes and sperm parameters in Kermani Sheep / *A.H. Heidari* [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 207. P. 111563.
3. *De Palma G., Ortiz A., Apostoli P.* Effects of metallic elements on reproduction and development // *Handbook on the Toxicology of Metals* // Academic Press. 2022. P. 565–592.
4. Changes in heavy metal levels, reproductive characteristics, oxidative stress markers and testicular apoptosis in rams raised around thermal power plant / *S.A. Akarsu* [et al.] // *Theriogenology*. 2022. Vol. 179. P. 211–222.
5. *Melner M.H., Abney T.O.* The direct effect of 17 β -estradiol on LH-stimulated testosterone production in hypophysectomized rats // *Journal of Steroid Biochemistry*. 1980. Vol. 13. № 2. P. 203–210.
6. The footprints of oxidative stress and mitochondrial impairment in arsenic trioxide-induced testosterone release suppression in pubertal and mature F1-male Balb/c mice via the downregulation of 3 β -HSD, 17 β -HSD, and CYP11a expression / *M.M. Ommati* [et al.] // *Biological trace element research*. 2020. Vol. 195. P. 125–134.
7. Disorders of the reproductive health of cattle as a response to exposure to toxic metals / *M. Wrzeczinska* [et al.] // *Biology*. 2020. Vol. 10 (9). P. 882.
8. *Kumar N., Singh A.K.* Impact of environmental factors on human semen quality and male fertility: a narrative review // *Environmental Sciences Europe*. 2022. Vol. 34. P. 1–13.
9. *Verma R., Vijayalakshmy K., Chaudhry V.* Detrimental impacts of heavy metals on animal

- reproduction: A review // J. Entomol. Zoo. Stud. 2018. Vol. 6. P. 27–30.
10. Are serum zinc and copper levels related to semen quality? / L. Yuyan [et al.] // Fertility and sterility. 2008. 89 (4). P. 1008–1011.
 11. Guvvala P.R., Ravindra J.P., Selvaraju S. Impact of environmental contaminants on reproductive health of male domestic ruminants: a review // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27. P. 3819–3836.
 12. Batra N., Nehru B., Bansal M.P. The effect of zinc supplementation on the effects of lead on the rat testis // Reproductive toxicology. 1998. T. 12, № 5. С. 535–540.
 13. Epigenetic dysregulation of Mdr1b in the blood-testis barrier contributes to dyszoospermia in mice exposed to cadmium / Y. Fang [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2020. Vol. 190. P. 110–142.
 14. Effects of exposure to environmental chemicals during pregnancy on the development of the male and female reproductive axes / M. Bellingham [et al.] // Reproduction in domestic animals. 2012. Vol. 47. P. 15–22.
 15. Mezhdovyye razlichiya po koncentracii tyazhelyh metallov v proizvodnyh kozhi zhivotnyh / K.N. Narozhnyh [i dr.] // Fundamental'nye issledovaniya. 2015. № 2(26). S. 5815–5819
 16. Apostoli P., Catalani S. Effects of metallic elements on reproduction and development // Handbook on the Toxicology of Metals. Academic Press, 2015. P. 399–423.
 17. Flora S.J.S., Mittal M., Mehta A. Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy // Indian Journal of Medical Research. 2008. Vol. 128. № 4. P. 501–523.
 18. Meligy A.M.A., Waheed M.M., El-Bahr S.M. Effect of heavy metals arsenic, cadmium, and lead on the semen variables of dromedary camels (*Camelus dromedarius*) // Animal reproduction science. 2019. Vol. 208. P. 106–115.
 19. Relation of seminal plasma trace mineral in the Arabian stallion's semen with the semen characteristics and subsequent fertility / M.M. Waheed [et al.] // Heliyon. 2022. Vol. 8(10). P. e11128.
 20. Efron B., Tibshirani R.J. An introduction to the bootstrap, Boca Raton: CRC press, 1994. 456 p.
 21. Narozhnyh K.N. Soderzhanie nekotoryh tyazhelyh metallov v semennikah bychkov gerefordskoj porody // Sb. nauch. tr. SWorld. 2013. T. 42, № 1. S. 24–26.
 22. Puls R. Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic data. Columbia: Sherpa International, 1988. 168 p.
 23. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva / O.I. Sebezko [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017. Vol. 9 (9). P. 1530.

Статья принята к публикации 31.03.2023 / The article accepted for publication 31.03.2023.

Информация об авторах:

Кирилл Николаевич Нарожных, заведующий лабораторией элементологии сельскохозяйственных животных кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Kirill Nikolaevich Narozhnykh, Head of the Laboratory of Elementology of Farm Animals, Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Candidate of Biological Sciences

